



CHALMERS



Varför väljs traditionella träreglar framför lättreglar i villakonstruktioner?

En jämförelse mellan traditionella träreglar och lättreglar med fokus på kostnad, koldioxidutsläpp och energiprestanda

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

CARL ANJEMARK
AXEL JOHANSSON

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Varför väljs traditionella träreglar framför lättreglar i villakonstruktioner?

En jämförelse mellan traditionella träreglar och lättreglar med fokus på kostnad, koldioxidutsläpp och energiprestanda.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

CARL ANJEMARK

AXEL JOHANSSON

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för byggnadsteknologi

Bijan Adl-Zarrabi

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2025

Varför väljs traditionella träreglar framför lättreglar i villakonstruktioner?

En jämförelse mellan traditionella träreglar och lättbalkar med fokus på kostnad, koldioxidutsläpp och energiprestanda.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

CARL ANJEMARK

AXEL JOHANSSON

© CARL ANJEMARK & AXEL JOHANSSON, 2025

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2025

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Byggnadsteknologi

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag: Staplade lättviktsbalkar från Masonite Beams, återgivna med tillstånd.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2025

Varför väljs traditionella träreglar framför lättreglar i villakonstruktioner?

En jämförelse mellan traditionella träreglar och lättbalkar med fokus på kostnad, koldioxidutsläpp och energiprestanda.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

CARL ANJEMARK

AXEL JOHANSSON

SAMMANFATTNING

Examensarbetets fokus är att jämföra lättviktsreglar och traditionella träreglar med avseende på kostnad, koldioxidutsläpp och energiprestanda för två normalstora enplansvillor. En med lättreglar som stomme och den andra med träreglar. Villornas ritningar är tillhandahållna från Fiskarhedenvillan och väggkonstruktionen är inspirerad av deras design. Små justeringar har gjorts på väggarna för att jämförelsen ska bli rättvis. Orten för villorna är satt till Luleå.

För att undersöka alla tre fokusområden har olika beräkningar genomförts för villorna beroende på stommsystem. Relevant information har hämtats av olika aktörer för att göra jämförelsen möjlig. Aktuella produktpriser är hämtade från Derome och Masonite Beams. Vid beräkning av koldioxidutsläpp har siffror hämtats från Boverkets klimatdatabas. För beräkning av respektive stommes värmegenomgångskoefficient har Lambda- och U-värdesmetoden använts. Klimatdata för orten har inhämtats från Sveby. Rapporten undersöker utsläpp under hela byggnadens livslängd och då har beräkningar med fjärrvärme och elvärme genomförts.

Rapportens resultat visar en större initial kostnad och koldioxidutsläpp för lättregelstommen men en vinst i koldioxidutsläpp när man ser till hela byggnadens livslängd. Beräkningarna visar en 13% förbättring i värmegenomgångskoefficient för lättregelstommen. Prisskillnaden mellan stommarna är ganska stor och det tar relativt lång tid att spara in pengar på energikostnader för lättregelstommen. Energikostnaderna är dessutom en okontrollerbar faktor. Detta är trolig anledning till att lättreglar inte används mycket i Sverige idag.

Nyckelord: Energiprestanda, Konstruktion, LCA, Lättviktsbalk, Lättviktsregel, Träkonstruktion, Träregel, Villa, Byggnadsteknologi

Why are traditional wooden studs chosen over lightweight studs in single house construction?

A comparison between traditional wooden studs and lightweight studs with a focus on cost, carbon emissions, and energy performance

Degree Project in the Engineering Programme

Civil Engineering

CARL ANJEMARK

AXEL JOHANSSON

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Building Technology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The focus of this thesis is to compare lightweight studs and traditional wooden studs in terms of cost, carbon dioxide emissions, and energy performance for two medium-sized single-story houses, one with a lightweight stud frame and the other with a wooden stud frame. The house designs are provided by Fiskarhedenvillan, and the wall constructions are inspired by their design. Minor adjustments have been made to the walls to enable a fair comparison. The location chosen for the houses is Luleå.

To investigate all three focus areas, different calculations have been carried out for the houses depending on the type of structural frame. Relevant data has been collected from various stakeholders to make the comparison possible. Current product prices were obtained from Derome and Masonite Beams. For the calculation of carbon dioxide emissions, figures were taken from Boverket's climate database. To determine the thermal transmittance (U-value) of each frame type, the Lambda and U-value methods have been used. Climate data for the location has been sourced from Sveby. The report examines emissions over the entire lifecycle of the building, and calculations have been conducted for both district heating and electric heating.

The report's results show a higher initial cost and carbon dioxide emissions for the lightweight stud frame but a reduction in emissions when considering the building's entire lifecycle. Calculations indicate a 13% improvement in thermal transmittance for the lightweight frame. The price difference between the frame types is considerable, and it takes a relatively long time to recoup the investment in a lightweight frame through energy savings, especially since energy costs are an uncontrollable factor. This is likely the reason why light steel studs are not used much in Sweden today.

Key words: Energy Performance, Structural Engineering, LCA, Wooden I-Joist, Timber Construction, Wooden Stud, Single-Family House, Building Technology

Innehåll

SAMMANFATTNING	II
ABSTRACT	III
INNEHÅLL	IV
FÖRORD	VI
BETECKNINGAR	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte & Mål	2
1.3 Metod	2
1.3.1 Livscykelanalys	2
1.4 Avgränsningar	3
2 LITTERATURSTUDIE	4
2.1 Lättbalkar och Lättreglar	4
2.2 Byggnadsfysikaliska skillnader	4
2.3 Produktionsskillnader	5
2.4 Energikrav på villa	6
3 VILLORNA	7
3.1 Regelvillan	9
3.2 Lättregelvillan	10
4 VÄRMETRANSPORT I BYGGNADER	11
4.1 Värmeöverföring	11
4.2 Värmekonduktivitet	11
4.3 Värmemotstånd	11
4.4 Värmegenomgångskoefficient	12
4.5 U-värdes metoden	12
4.6 Lambda metoden	13
4.7 U-värde platta mark	13
4.8 Konduktanser	14
4.9 Energiförluster	14
5 GENOMFÖRANDE	15
5.1 Produktberäkningar	15

5.2	Energiberäkningar	15
5.2.1	Effektsignatur med årets dagar	17
5.3	Utsläppberäkningar	17
6	RESULTAT	19
6.1	Uppvärmning	19
6.2	Produktkostnader	19
6.3	Totala kostnader	19
6.4	Koldioxidutsläpp	20
7	DISKUSSION	21
7.1	Resultatdiskussion	21
7.2	Yttre faktorer	22
8	SLUTSATS	24
9	REFERENSER	25
10	BILDFÖRTECKNING	27

Förord

Examensarbetet har utförts på högskoleingenjörsprogrammet inom samhällsbyggnadsteknik på Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng.

Rapporten har genomförts med noggranna beräkningar med aktuella data och har gjorts för att ge en bättre förståelse för småskalig byggnation i Sverige.

Valet att skriva om lättviktsreglar kommer från ett intresse för konstruktion och en önskan om fördjupad kunskap. Vi ville förstå varför vi inte ser mer lättviktsreglar i villor. Detta har undersökts genom olika faktorer som vi tror påverkar detta val. Så som kostnad, energiprestanda och koldioxidutsläpp.

Vi vill tacka de företag som har bistått oss på olika vis genom processen. Tack till Fiskarhedenvillan för att vi fått ta del av era ritningar. Tack Derome för prislistor på era produkter och tack till Masonite Beams som bistått med prislistor och bilder till rapporten.

Vi vill även tacka vår handledare och examinator Bijan Adl-Zarrabi för vägledningen vi fått.

Göteborg Maj 2025

Carl Anjemark

Axel Johansson

Beteckningar

Versaler

A	Area [m^2]
A_{Temp}	Area för samtliga plan avsedda för att värmas till mer än $10\text{ }^\circ\text{C}$ (Svensson, 2020). Arealen begränsas av klimatskärmens insida. Arealen som upptas av innerväggar, schakt och dylikt inräknas i arean. [m^2]
(EP_{pet})	Primärenergital [$\text{kWh}/A_{\text{Temp}}$]
K	Konduktans [W/K]
R	Värmemotstånd [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]
T	Temperatur [$^\circ\text{C}$]
U	Värmegenomgångskoefficient [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
V	Flöde [m^3/s]
Δ	Förändring

Gemener

cc	Centrum avstånd.
c_p	Specifik värmekapacitet
b	Plattans karakteristiska bredd
d	Skiktets tjocklek [m]
l_{pm}	Löpmeter. [m]
t	Tid [h]
λ	Värmeledningskoefficienten [W/mK]
ρ	Densitet [kg/m^3]

1 Inledning

Uppsatsen undersöker skillnader i energibehov, utsläpp av koldioxid och kostnader som kommer från två nästintill identiska enplansvillor. Ritningar har försetts av Fiskarhedenvillan, en med en träregelstomme och en med en lättregelstomme. De är nästan lika stora, men för jämförelsen har enbart en planlösning använts för att mängderna och storleken blir exakt samma. Villorna kommer jämföras med avseende på kostnad, koldioxidutsläpp och energiprestanda. Det görs genom att jämföra skillnader i produktpris och energikostnader, samt skillnader i koldioxidutsläpp från produktion av regler och drift av villorna.

Villor är placerade i Luleå. Orten är vald eftersom det är en relativt stor stad i snölastzon 3 som villorna är dimensionerade för. Villorna kommer värmas med fjärrvärme och vattenburet radiatorsystem, alternativt direktverkande el. De dimensionerande krafterna antas vara samma för de två villorna. Under arbetet kommer effektsignaturer tas fram för varje hus för att beräkna energi i kWh för ett år. Detta för att jämföra energibehoven.

1.1 Bakgrund

I Sverige är det endast 3,5 % av de nybyggda husen med trästomme som byggs med lättbalkar och lättreglar (Masonite Beams [MB], 2022). Enligt Trähusbarometern (2024) väntas det påbörjas 5 300st småhus under 2025. Denna statistik grundas på de största småhustillverkarnas ordergångar. Idag används det ca 1 m lättbalk per capita i USA och 10 cm lättbalk per capita i Sverige (MB, 2022).

Lättbalken uppfanns i slutet av 1960-talet i USA och kom till Sverige först på 70-talet (MB, 2022). Ingenjören Åke Lundgren skissade på en liknande produkt i Sverige under 60-talet men det saknades lämpligt lim vid tiden i Sverige för att få produkten att fungera. Lättbalken togs först fram som en kostnadseffektiv produkt då råvarupriser var en större del av produktkostnaden än idag. Huvudproducenterna av lättbalkar finns i USA, Sverige, Polen och England. Användningsområdena av lättbalkar skiljer sig en del åt mellan Sverige och USA. I Sverige används lättbalkar och lättreglar mest i villor medan i USA är det dominerande sättet att bygga höghus i trä.

Enligt Hagentoft & Sandin (2017) står driftperioden för ca 85% av en byggnads totala energiutnyttjande från vaggan till graven. Det vill säga, det är inte energibehovet av att framställa byggnadsmaterialen som står för det mesta av en byggnads energi utan det är energin som går åt till att värma upp byggnaden under driftperioden. Ett hus livslängd beräknas ofta ekonomiskt till 50 år.

För Svenska Miljöinstitutets undersökning på referensbyggnaden Blå Jungfrun skriver Erlandsson *et.al* (2020) att det största bidraget till en byggnads klimatpåverkan traditionellt har kommit från uppvärmning. Men på senare tid har högre krav på låg energianvändning och bättre energimix minskat dessa och de är fortfarande på väg nedåt. De skriver också att byggandet och produktionen av byggnadsmaterialet står för en större andel av den totala

klimatpåverkan, och uppvärmningen står för mindre än hälften analyserat över 50 år (Erlandsson *et.al*, 2020). I den studien undersöker de ett flerbostadshus och därav har de andra förutsättningar. För en enplansvilla byggd av trä kommer troligtvis uppvärmningen stå för en majoritet av utsläppen. Därför är det viktigt att effektivisera isoleringen vilket kommer undersökas i uppsatsen.

1.2 Syfte & Mål

Syftet är ta fram data på energiprestanda, koldioxidutsläpp, initial byggkostnad och driftkostnader (Energi) på två olika stommar och sedan jämföra resultaten för stommarna och påvisa skillnader mellan dem. Syftet med studien är även att skapa underlag för stombeslut samt vidare forskning.

Målet med denna rapport är att besvara frågan varför inte lättreglar används i stor utsträckning i enplansvillor samt att redovisa beräknade skillnader i kostnad, energiprestanda och koldioxidutsläpp.

1.3 Metod

I uppsatsen genomförs en komparativ studie och en litteraturstudie. Syftet med litteraturstudien har varit att förstå hur tidigare forskning ser ut samtidigt som fördelar och nackdelar med de olika stomsystem undersöks. Den komparativa studien genomförs med hjälp av energiberäkningar, utsläppsberäkningar och kostnadsberäkningar för produkterna. Samma beräkningar genomförs för båda stomsystem, sedan jämförs resultaten för att dra en slutsats.

1.3.1 Livscykelanalys

En livscykelanalys (LCA) delas traditionellt in i fyra delar A1-A3 (produktskede), A4-A5 (byggproduktionsskede), B1-B7 (användningsskede) där B6 är driftenergi och C1-C4 (slutskede) (Boverket 2024.C). Träreglar och lättviktsreglar kommer från samma material och kommer därför dela många likheter i en LCA. Se bild nedan.

A1-5 Byggskede		
A1-3 Produktskede	A1	Råvaruförörjning
	A2	Transport
	A3	Tillverkning
A4-5 Byggproduktionsskede	A4	Transport
	A5	Bygg- och installationsprocess
B1-7 Användningsskede	B1	Användning
	B2	Underhåll
	B3	Reparation
	B4	Utbyte
	B5	Ombyggnad
	B6	Driftsenergi
	B7	Driftens vattenanvändning
C1-4 Slutskede	C1	Demontering, rivning
	C2	Transport
	C3	Restproduktsbehandling
	C4	Bortskaffning
D Fördelar och belastningar utanför systemgränsen		

Figur 1. Olika skeden i en byggnads livscykel enligt den europeiska standarden EN15978. (Boverket 2024.C). Återgiven med tillstånd.

1.4 Avgränsningar

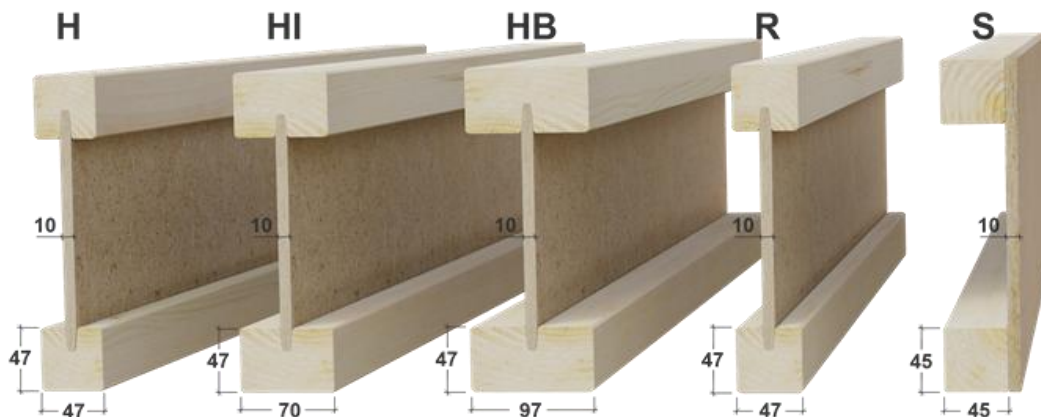
För beräkningar av utsläpp kommer befintlig litteratur om LCA analyser användas samt siffror från Boverkets databas. Det som skiljer sig i byggnaderna är väggkonstruktionerna medan resten är detsamma. Vi har avgränsat examensarbetet till att beröra koldioxidutsläpp från Produktionskedet (A1-A3), Byggproduktionsskedet (A4-A5) och Driftsenergin (B6). Prisjämförelse bygger på priser från Derome och Masonite Beams. Båda dessa är från priser aktuella i februari 2025. Tappvarmvatten, luftläckage och solinstrålning bortses från i beräkningar av effektsignatur. Även skillnader i ljud och brandklass bortses från i denna undersökning. Förenklade metoder har använts för beräkningar av köldbryggor och mängden isolering i väggarna. Kallvinden på de båda villorna antas vara väl ventilerade och därmed försumbar i energiberäkningarna.

2 Litteraturstudie

I detta kapitel kommer en bakgrund läggas fram för att ge en förståelse kring skillnader mellan regler och lättreglar samt energikrav på villor framförs.

2.1 Lättbalkar och Lättreglar

En lättbalk är en sorts I-balk i trä och har flera användningsområden, dels som bjälklag, dels som stående regler. R versionen, se figur 2, används ofta som stående regler i en väggstomme (Masonite Beams [MB] u.å.). S versionen, kan utgöra hammarband och syll i lättregelstommen och därmed kan lättregeln utgöra en komplett yttervägsstomme likt en stomme av konstruktionsreglar. Konstruktionsmässigt finns det vissa fördelar för I-balken såsom låg vikt i förhållande till sin styrka och en minskning av köldbryggor (MB, u.å.). I-balkar har vissa fördelar jämfört med regelbjälklag. Såsom ökad hållfasthet och styvhet för samma höjd som en träregel (Johnson, 2003). I-balken är även mer materialeffektiv.



Figur 2. Masonite Beams olika lättbalkstvärnsnitt (Masonite Beams. u.å.) Återgiven med tillstånd.

Lättbalkens liv kan bestå av OSB, spånskiva, plywood eller till och med glas och flänsarna består av konstruktionsvirke (MB, u.å.). Livets material styrs av höjden på balken enligt Masonites prislista. Lättbalken går ofta att få i längre längder, upp till 18,3 meter (MB, 2022). Detta för att man kan skarva flänsarna, vilket gör att trädets längd inte blir en hindrande faktor. Livet består av en skiva vilket inte heller begränsas på samma sätt som en regel av ett trädets längd.

2.2 Byggnadsfysikaliska skillnader

Vissa byggnadsfysikaliska skillnader finns mellan lättreglar och traditionella regler i och med deras olika utformning.

Precis som för andra träprodukter så är lättreglar menade för användning i torra miljöer, och bör ha bra fuktskydd. När lättregeln används som den ska i en torr miljö, presterar den väldigt bra hållfasthetsmässigt. Men under ovanliga väderevent som naturkatastrofer när fuktnivån

ändras och blir väldigt hög har större krypningar märkts hos I-balkar än hos sågade regler (Johnson, 2003).

Forskning har visat att en lättviktsbalk kan krypa mer än en traditionell träregel när den är utsatt för onormalt höga fuktnivåer. Enligt Arne P. Johnsons (2003) erfarenhet så blir krypningen så stor hos I-balkar vid onormalt höga fuktnivåer, RF 65-95 %, att de blir otjänliga på grund av böjning, även om styrkan hos balken inte behöver ha gått ner väsentligt.

Tidigare studier har visat att krypningen hos I-balkar är lik den hos sågade tallreglar under konstant temperatur och låg fuktnivå, RF 55-65 % (Chen et al. 1988 refererad i Johnson, 2003). Chens m.fl:s studie visar att I-balken kryper betydligt mer än en traditionell regel när den relativa fuktigheten ökar under en sammanhängande period, 33-dagarsintervall som alternerar mellan 65 och 95%. Krypningen varierar beroende på livmaterial där OSB hade den största krypningen och minst var för tallregeln (Chen et al. 1988 refererad i Johnson, 2003). Av lättviktsbalkarna kröp den med plywood i livet minst.

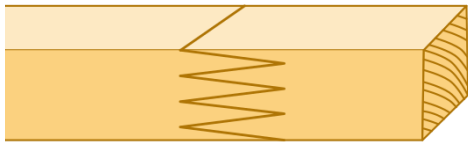
Trästommar är känsliga för brand och behöver generellt brandisolerats där brandkrav ställs (MB, 2022). Traditionella trästommar och stommar av lättbalkar behöver skyddas på liknande sätt. Träets brandegenskaper beror på dimensionerna. Tunnare dimensioner antänds och brinner snabbt medan grövre virke är svårare att antända och brinner långsammare (Svenskt trä, 2003). Därmed finns en skillnad i de två stommarnas brandegenskaper, mestadels beroende på lättstommens känsliga liv. I väggar med isolering skyddas dock livet. Ett kritiskt skede är när ytskikten faller av väggen och isoleringen faller ut och livet därmed blottas. Detta ger olika förutsättningar beroende på brandklass där exempelvillorna har den lägsta brandklassen br3 (Svenskt Trä, 2021)

I Eurocodes hållfastighetsberäkningar för brand med avseende på trästommar finns idag inga speciella regler för lättbalkar och lättreglar (MB, 2022). Det väntas dock komma ut riktlinjer specifikt för dessa med de nya Eurokoderna under 2025.

När det kommer till den ljudisolerande förmågan är lättreglar och traditionella träreglar väldigt lika. Generellt är trästommar bra mot medelhöga och höga frekvenser (MB, 2022). I och med att stommarna är lätta är de dock sämre när det kommer till låga frekvenser, såsom stegljud. Ett val av lättregelstomme kan förenklat sägas förstärka dessa två aspekter ytterligare gentemot ett annat val av stomme.

2.3 Produktionsskillnader

Produktskedet kommer till stor del vara detsamma då båda produkterna består av trä, men skillnader finns i tillverkning av produkterna. Lättviktsregeln skiljer sig från en traditionell regel genom dess liv, som består av OSB, spånskiva eller plywood (MB, 2022). Flänsarna produceras på samma sätt som traditionella regler, men kopplas samman med en fingerskarv för att nå rätt längd och får ett snitt där livet ska sitta, se figur 3.



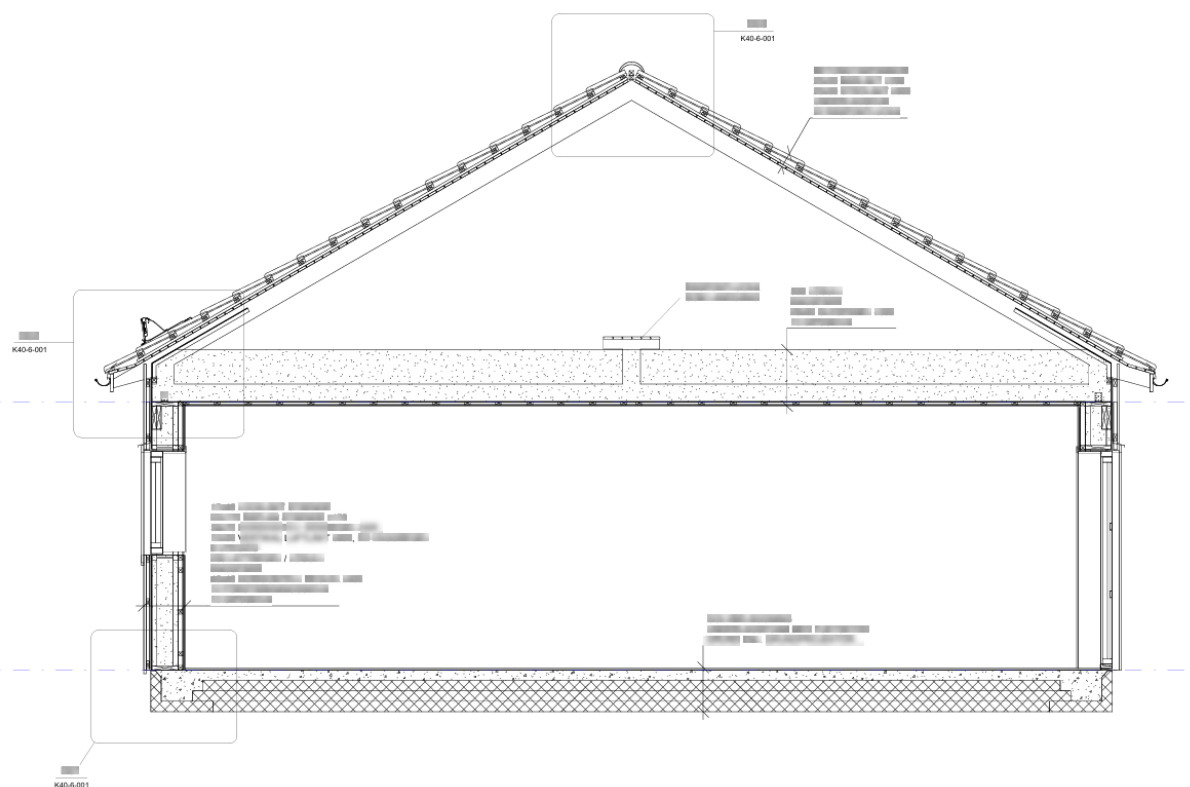
Figur 3 En fingerskarv (TS Eriksson, 2020) CC BY-SA 4.0, Via Wikimedia Commons.

Större skillnader sker vid produktion av livet där spånskivor, i exempelvillans fall, produceras och sågas ner för att få rätt storlek och passa i flänsarna (MB, 2022). Spånskivan består av träspån och bindemedel och finns i olika klasser (Svenskt Trä, 2017). Bindemedel kan exempelvis vara lim, fenol, cement eller gips. Normalt är bindemedlet karbamidlim eller urealim vilket kan förstärkas med melamin för att skivan ska bli fuktbeständig. Här kommer alltså skillnader att ses i en LCA, jämfört med att enbart såga eller hyvla en regel. Detta kommer synas i A1-A3 i LCA där den traditionella träregeln släpper ut endast 22 % av lättregeln per kg i detta stadie, se kapitel 5.3.

Byggproduktionsskedet (A4-A5) kommer dela många likheter men det finns skillnader i exempelvis transport. Där är transporter (A4) för en träregel 0,02 kg CO₂-ekv/kg, medan en lättviktsbalk har 0,06 kg CO₂-ekv/kg (Boverket, 2024.A). Utsläppen från Installationen (A5) är dubbelt så stort för I-balken, men här är skillnaden 0,01 mot 0,02 kg CO₂-ekv/kg. Tar man vikten i beaktande blir den verkliga skillnaden liten i installationsfasen. Utifrån en tidigare LCA av stomsystem med referensbyggnaden Blå Jungfrun så är det samma utsläpp under installationsprocessen för båda stommarna (Erlandsson *et.al*, 2020). Till skillnad från Blå jungfrun kommer större skillnader i användningsskedet ske i denna analys då inte samma mängd driftenergi används för alla stomsystem (188 kg CO₂-ekv/m² A_{temp}).

2.4 Energikrav på villa

Villorna ska uppfylla energikraven som finns i Sverige enligt BBR. Kraven ställs på primärenergital (EP_{pet}) [kWh/m²A_{Temp}], installerad eleffekt för uppvärmning [kW], Värmegenomgångskoefficient (U_m) [W/m²K] samt luftläckage vid 50 Pa [l/sm²] (Svensson, 2020). För denna studie är enbart primärenergital sett till uppvärmningsenergi relevant. Primärenergitalet är ett värde som beskriver en byggnads energiprestanda, som korrigeras med geografisk plats (Svensson, 2020). Eftersom villorna är på samma plats och konstruerade av Fiskarhedenvillan uppfyller villorna redan kraven vilket gör det mer intressant att kolla på värmegenomgångskoefficient och total skillnad i värmekonduktans. Enligt BBR får det genomsnittliga U-värdet för byggnaden högst vara 0,3 W/m²K (Svensson, 2020). Det finns rekommendationer kring maximala U-värden för olika byggnadsdelar i BBR (Svensson, 2020).



Figur 5. Sektionsritning över villan (Fiskarhedenvillan, u.å). Återgiven med tillstånd.

Lättregelvillan har en 250 mm lättregel med 250 mm lösull samt en horisontell 45x45 mm regel som ger ett installationsskikt. Regelvillan har 249 mm isolering, med en bärande regel på 170x45 mm, en 45x45 mm regel och en 34x45 mm läkt. Sedan kommer även horisontella 45x45 mm regler som bildar ett installationsskikt. Totalt är väggarna 414 respektive 413 mm tjocka. I övrigt är väggarna likvärdiga, med samma delar och tjocklekar, exempelvis gips, panel osv.

Riktiga regeldimensioner, lättregeldimension och riktiga priser har använts i rapporten för att resultatet ska vara realistiskt. Båda villor har samma bärlinor över fönster vilket bortses från och i stället undersöks skillnader. För en rättvis jämförelse har en justering gjorts på regelväggen gentemot de ursprungliga ritningarna för att få samma isoleringstjocklek och jämförbara köldbryggor mellan de två stommarna. Ändringen som har gjorts är att ta bort den liggande isoleringen från installationsskiktet och lägga till en stående läkt.

Grunden består av 300 mm isolering och 100 mm betong. Vid beräkningar har ventilationen dimensionerats till minimikravet från Boverket som är 0,35 l/s per m² (Boverket, 2024.B), räknat med den uppvärmda arean.

Respektive byggdels area används för byggnadens energiberäkning, de visas i tabell 1.

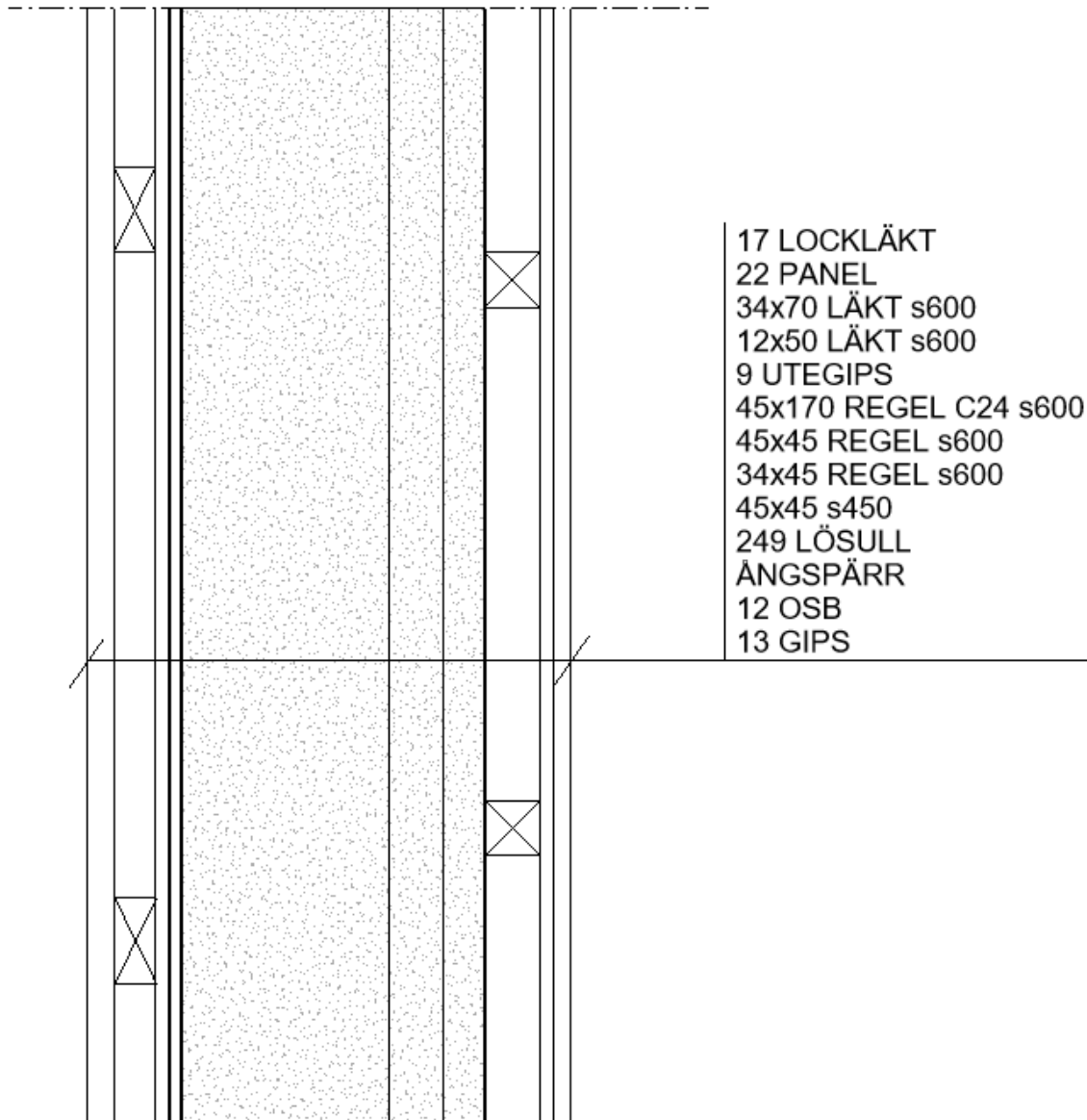
Tabell 1. Areor för olika byggdelar.

Byggnadsdel	Area [m ²]
Tak	137
Väggar	162
Golv (A _{Temp})	137
Fönster och Dörrar	16

3.1 Regelvillan

För regelvillans yttervägg användes hyvlade konstruktionsreglar klass C24, cc 600mm. Den bärande biten består av 170x45 mm regler, vilken har en densitet på 420 kg/m³ (Svenskt Trä, 2019.A). De andra icke bärande reglarna är av gran och för att kunna räkna ut vikten antas de ha en densitet på 350 kg/m³ utifrån den lägsta konstruktionsklassen C14.

Väggen för regelvillan är uppbyggd enligt figur 6.



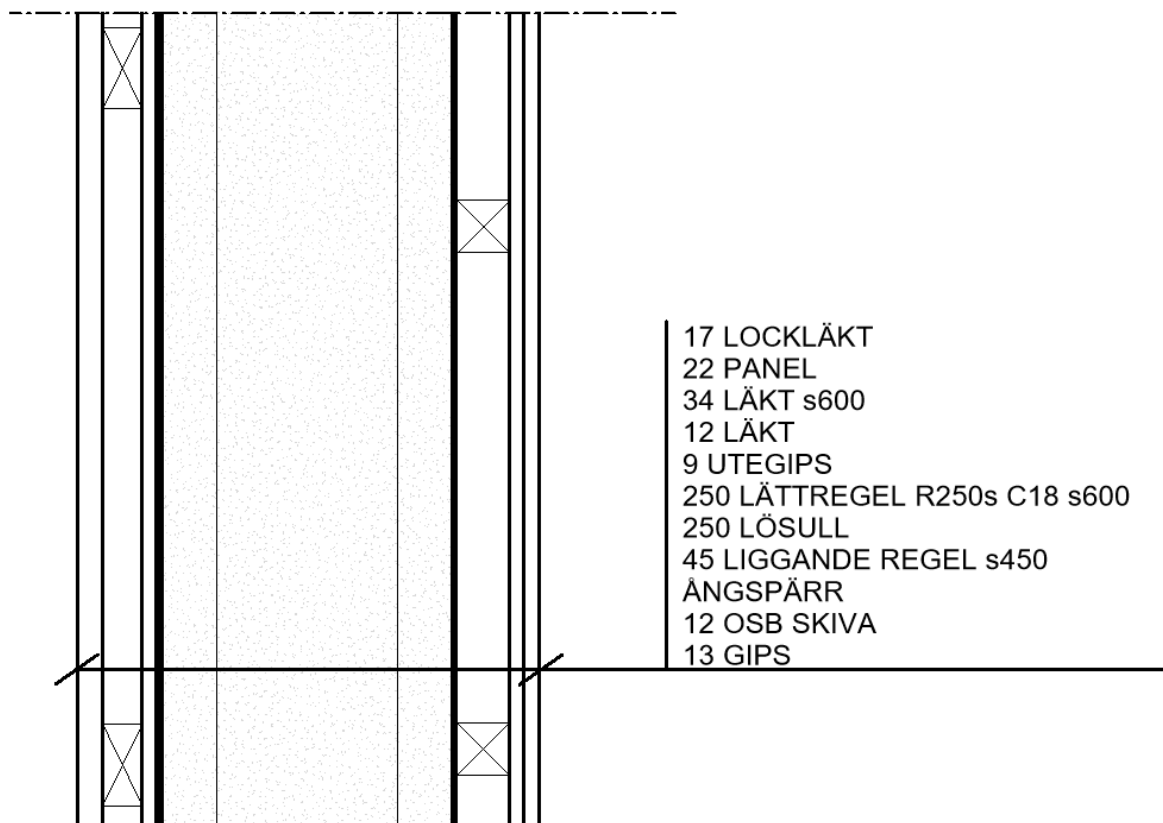
Figur 6. Regelvillans vägguppgnads.

3.2 Lättregelvillan

Från information given av Masonite Beams kring lättviktsreglar så har lättreglarna i villan liv som består av en spånskiva. I väggen används lättregeln R250s, C18 med ett cc-mått på 600 mm. Som hammarband och syll används en S250s, C18 lättregel.

R250s väger 2,7 kg per löpmeter och är 7,5 meter lång. S250 väger 3,1 kg per löpmeter och är 5 meter lång. Vikterna skiljer sig lite från Masonite Beams hemsida, där de är lite högre (MB. u.å). Vikterna i uppsatsen utgår från en prislista som Masonite Beams delat. Samma prislista har informerat om att liv-materialet är spån.

Lättregelvillans yttervägg är uppbyggd enligt figur 7.



Figur 7. Lättregelväggens uppbyggnad utifrån och in.

4 Värmetransport i byggnader

Energien för uppvärmningen av en byggnad är detsamma som de totala energiförlusterna. Energiförlusterna beror på klimatskärmen, ventilationen, luftläckage och solinstrålning. Med byggnadens klimatskärm syftas det på den del av byggnaden som är i kontakt med uteluften, såsom ytterväggar, tak, grund, fönster och dörrar (Anderlin et.al, 1989). En klimatskärm som är väl isolerad sänker värmeenergiebehovet och ger en låg uppvärmningskostnad.

4.1 Värmeöverföring

Värme kan överföras huvudsakligen genom tre sätt (Hagentoft & Sandin, 2017).

- Ledning
- Konvektion
- Strålning

Värmeledning uppstår när molekylerna i den varma delen av materialet är mer aktiva och överför aktivitet till den andra delen av materialet. Konvektion uppstår när en gas eller vätska rör sig med sig värmen. Konvektionen kan uppstå vid temperaturskillnader och kallas då naturlig konvektion. Strålningsvärme överförs från alla material över absoluta nollpunkten. Strålningen är ett resultat av energiförändringar hos elektronerna.

4.2 Värmekonduktivitet

Värmekonduktiviteten anger den värmeisolerande förmågan hos ett material. Betecknas λ och enheten är W/mK. För bra isoleringsförmåga är ett lågt lambdavärde önskvärt.

4.3 Värmemotstånd

Värmemotstånd betecknas med R och anger den värmeisolerande förmågan hos en byggnadsdel. Enheten är m²K/W och beror på skiktets tjocklek, d och värmekonduktiviteten λ . För bra isoleringsförmåga är ett högt värmemotstånd önskvärt.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (1)$$

När värme ska övergå från luft till ett material finns det ett övergångsmotstånd. Detta varierar beroende på vilken yta man räknar på och beroende på om man är på in- eller utsidan av byggnaden (Hagentoft & Sandin, 2017).

Tabell 2 visar vanliga övergångsmotstånd.

Tabell 2. Övergångsmotstånd i olika delar av klimatskalet.

Övergångsmotstånd
$R_{si}=0,13$ insida vägg
$R_{si}=0,17$ insida golv
$R_{si}=0,10$ insida tak
$R_{se}=0,04$ utvändigt

Totala värmemotståndet för en byggnadsdel är summan av alla skiktens värmemotstånd.

$$R_{tot} = \sum R \quad (2)$$

4.4 Värmeegenomgångskoefficient

Värmeegenomgångskoefficienten eller U-värdet är det inverterade totala värmemotståndet för respektive konstruktion och anger den värmeisolerande egenskapen hos en byggnadsdel (Anderlin et.al, 1989). Enheten är W/m²K, alltså hur mycket energi per sekund som passerar genom en kvadratmeter av en byggnadsdel per grad temperaturdifferens.

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_{tot} + R_{se}} \quad (3)$$

Väggarna i villorna är designade med icke homogena lager, det betyder att det inte är kompletta lager för lager genom hela väggen. Det är en del med enbart isolering och en del med enbart regel, se figur 8. Det gör att väggens resistanser blir parallellkopplade. Då används metoder då man delar upp ytan i andelar med två olika metoder för att få ett medelvärde (Anderlin et.al, 1989). På de homogena lagren används klassiska metoden med $U=1/R$. U-värdet för en icke homogen byggnadsdel beräknas genom Lambda metoden och U-värdes metoden och sedan tas ett genomsnitt fram och används som konstruktionens U-värde.

$$U_T = \frac{U' + U''}{2} \quad (4)$$

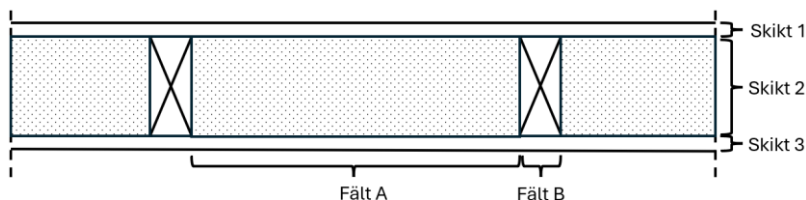
En korrektionsfaktor läggs till baserat på konstruktionens utformning, ΔU_k (Anderlin et.al, 1989). Denna korrektionsfaktor beaktar köldbryggorna.

$\Delta U_k = 0,02$ W/m²K för den traditionella regelstommen med genomgående regler genom isoleringsskiktet.

$\Delta U_k = 0,01$ W/m²K för lättregelstommen och för takkonstruktionen som har lager med obrutet isoleringsskikt.

4.5 U-värdes metoden

Vid beräkning med U-värdes metoden delas byggdelen in i fält tvärs igenom konstruktionen (Anderlin et.al, 1989). För varje fält beräknas det totala U-värdet, från utsida till insida. Sen läggs värmemotstånden för varje fält ihop.



Figur 8. En exempelbild på ett horisontellt snitt av en vägg indelade i fält och materialskikt.

$$R_A = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_{\dots}}{\lambda_{\dots}} + R_{se} \quad (5)$$

$$R_B = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_{\dots}}{\lambda_{\dots}} + R_{se} \quad (6)$$

$$U_A = \frac{1}{R_A} \quad (7)$$

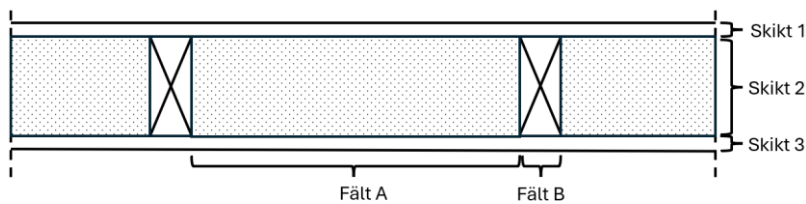
$$U_B = \frac{1}{R_B} \quad (8)$$

Respektive fälts andel av totalytan benämns p_A och p_B . Detta ger konstruktionens totala U-värde med avseende på U-värdesmetoden.

$$U' = p_A \cdot U_A + p_B \cdot U_B + \Delta U_k \quad (9)$$

4.6 Lambda metoden

Med Lambda metoden delas byggnadsdelen i stället in i materialskikt längs med konstruktionen (Anderlin et.al, 1989) se figur 9. Ett sammanvägt λ -värde beräknas per skikt, med hjälp av fältens andelar.



Figur 9. En exempelbild på ett horisontellt snitt av en vägg indelade i fält och materialskikt.

$$\lambda_2 = p_A \cdot \lambda_{pA2} + p_B \cdot \lambda_{pB2} \quad (10)$$

$$R''_T = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_{\dots}}{\lambda_{\dots}} + R_{se} \quad (11)$$

$$U'' = \frac{1}{R''_T} + \Delta U_k \quad (12)$$

Det slutliga U-värdet beräknas sedan genom medelvärdet mellan de två metoderna.

$$U_T = \frac{U' + U''}{2} \quad (13)$$

4.7 U-värde platta mark

U-värdet för platta på mark beräknas enligt standarden SS-EN ISO 13370 (Hagentoft & Sandin, 2017). Denna standard baseras på tredimensionella temperaturberäkningar av marktemperaturen och plattan.

En karakteristisk bredd på plattan tas fram. Enhet i meter. A är här plattans area och p är dess kantlängd.

$$b = \frac{A}{p/2} \quad (14)$$

En ekvivalent isoleringstjocklek, d_t beräknas sedan. d_w är här ytterväggens tjocklek och isoleringen syftar på plattans isolering.

$$d_t = d_w + \lambda_{mark} \cdot (R_{si} + \sum \frac{d_{isol}}{\lambda_{isol}} + R_{se}) \quad (15)$$

U-värdet beräknas sedan för två fall. I fallet $d_t \geq b$:

$$U = \frac{\lambda_{mark}}{0,457 \cdot b + d_t} \quad (16)$$

4.8 Konduktanser

Transmissionsförluster är de summerade värmeförlusterna genom klimatskärmen. Respektive byggdels U-värde multipliceras med respektive byggdels area. Enheten för konduktans är W/K.

$$K_{trans} = \sum UA \quad (17)$$

Ventilationsförluster beräknas genom multiplicering av luftens densitet, luftens specifika värmekapacitet och ventilationsflödet.

$$K_{vent} = \rho_{luft} \cdot c_{p,luft} \cdot V_{vent} \quad (18)$$

Den totala konduktansen är alla förluster adderade.

$$K_{tot} = K_{trans} + K_{vent} \quad (19)$$

4.9 Energiförluster

Byggnadens effektbehov (P_{upp}) beror dels av konduktanserna men även av utetemperatur och innetemperatur. Enheten är i kW.

$$P_{upp} = K_{tot} \cdot (T_{inne} - T_{ute}) \quad (20)$$

Uppvärmningsbehovet (E_{upp}) för byggnaden beror av sistnämnda men med tillägget av tiden. Enheten blir kWh.

$$E_{upp} = P_{upp} \cdot \Delta t \quad (21)$$

5 Genomförande

Alla beräkningar har genomförts i Excel. Efter att ha fått ett beräknat U-värde med en något mindre skillnad mellan stomsystemen än vad Miljöinstitutet fick i sina beräkningar på Blå Jungfrun, har även alla beräkningar genomförts där lättregelns U-värde för huset förbättrades med 15 % gentemot träregeln.

5.1 Produktberäkningar

Antal löpmeter för respektive stomsystem tas fram genom att mängda de två villorna. Stom- och bjälklagsritningarna har förenklats detta arbete och ger en väldigt exakt beräkning av mängderna. Där specifika mått har saknats på ritning har programmet Bluebeam Revu använts för måttsättning. Som sagt har den bärande konstruktionen, regler, syll och hammarband, samma löpmeter för de två villorna. Det är 45x170 som är den bärande delen av ytterväggen för regelvillan. R250s och S250s är den bärande delen av ytterväggen för lättregelvillan. Resterande regler i väggen är där för att väggarna ska få så lik tjocklek och mängd isolering som möjligt, samt få samma funktion. Mängderna i tabell 3 och 4 visar det som är olika i väggarna och som bidrar mycket till energiberäkningarna. Mängderna gips, panel, plastfolie o.s.v. kommer vara samma för båda villorna. Därför har dessa inte tagits med i beräkningarna. Priserna i tabell 3 och 4 är utan moms och mängdrabatt.

Regelvillan:

Tabell 3. Regelvillans stommängder och pris.

Dimension	lpm	kr/lpm	kg/m ³
45x170 C24	371	43	420
45x45 (stående)	371	12	350
34x45	371	15	350
45x45 (liggande)	303	12	350

Lättregelvillan:

Tabell 4. Lättregelvillans stommängder och pris.

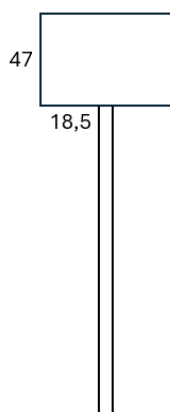
Dimension	lpm	kr/lpm	kg/lpm
R250s C18	276	86	2,7
S250s C18	95	113	3,1
45x45mm (liggande)	303	12	Se tabell 3

5.2 Energiberäkningar

För att beräkna byggnaders energibehov behöver U-värden tas fram för de olika byggdelarna. Vissa byggnadsdelar är som tidigare nämnt bestämda, såsom fönster och dörrar. Men för väggar, golv och tak genomfördes beräkningar. Skillnaden i energibehovet kommer från väggarna då resterande konstruktion är densamma.

För att kunna räkna med Lambda- och U-värdes metoden behövs olika procentsatser för de olika andelarna av den icke homogena väggen. För regelväggen är processen enkel, cc-avståndet är 600 mm, på en meter blir det $1/0,6=1,67$ regler per meter. Regeln har en tjocklek på 45 mm vilket betyder att det blir 7,5 % regel per meter ($1,67*0,045=0,075$) och resterande 92,5 % är isolering.

För lättregelvillan krävs ytterligare beräkningar. Lättregeln har delats in i två olika fält, ett med enbart livet som är 10 mm brett, och ett där flänsarna räknas. Flänsarna är totalt 37 mm bred, 18,5 mm på varje sida av livet, och 47 mm djup, se figur 10. Flänsfälten kan sedan ses som homogena lager med fläns, isolering och sedan fläns. Med hjälp av fältens andelar kan U-värdesmetoden och lambda metoden användas för att räkna ut ett slutgiltigt U-värde.



Figur 10. Horisontellt snitt av en lättregel.

I referensbyggnaden Blå Jungfrun levererade lättviktsbalks systemet i snitt ett 15 % bättre U-värde än i det traditionella träsystemet (Erlandsson *et.al* 2020). Våra U-värden hamnar också nära 15 % bättre än regelvillan och skillnaden blir liten, se tabell 5. Enligt Erlandsson *et.al* (2020) ska även köldbryggor i ett lättviktsystem minska med cirka 75 % jämfört med massivt trä, på grund av lättregelns form. Det är lite otydligt vad massivträ innebär, men vi har inte tillgång till program som gett exakta siffror för köldbryggor.

Nedan ses de beräknade U-värdena för de olika stommarna, regler respektive lättreglar.

Tabell 5. U-värden för olika stomsystem [(W/m²K)].

	U-värden
Reglar	0,168
Lättreglar	0,147
Lättreglar (Blå Jungfrun)	0,143

U-värdet för platta på mark beräknades genom standarden SS-EN ISO 13370. Se kap. 4.7 U-värde platta på mark. $\lambda_{mark} = 2$ om den specifika jordarten är okänd på platsen (Hagentoft & Sandin, 2017) och villornas U-värde på plattan beräknades till 0,101 W/m²K.

Nedan ses byggnadernas totala konduktanser med hänsyn till transmission genom klimatskalet och en hygienventilation om 0,351/s/m². Luftflödet blir därmed 47,95 l/s för villorna. Innetemperaturen är satt till 22 °C.

Tabell 6. Villornas totala konduktanser [(W/K)].

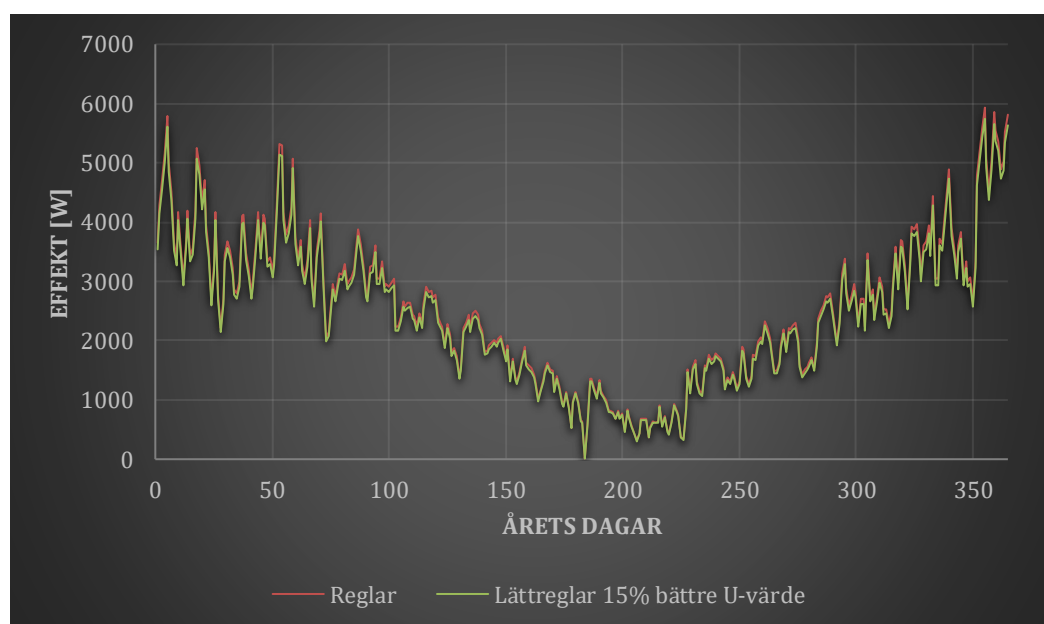
	Konduktanser
Regelvillan	127,7
Lättregelvillan	124,2
Lättregelvillan (Blå Jungfrun)	123,6

För uppvärmning av villan har beräkningar genomförts för både med fjärrvärme och direkt el. Detta val har gjorts för att få en bättre överblick med fler uppvärmningssystem som finns i Sverige.

I Luleå finns ett stålverk som påverkar fjärrvärmepriserna betydligt där (SVT, 2024). Masugnen ska fasa ut 2030 och därför har ett rikssnitt på fjärrvärmepris för 2024 använts. Detta är satt till 1,168 kr per kWh (Göteborg energi u.å). Detta kan jämföras med ett beräknat årsmedel i Luleå som är beräknat till 0,025 kr/kWh baserat på siffror från Luleå Energi, (2024). Jämfört med rikssnittet är det anmärkningsvärt mycket lägre.

5.2.1 Effektsignatur med årets dagar

För båda villorna har en effektsignatur framtagits med hjälp av byggnadens konduktans. För att beräkna effektbehovet har ekvationen för $P_{\text{upp}}(20)$ använts. För att få effekten som krävs för varje dygn har Svebys (u.å) databas använts för att ta fram ett dygnsmedelvärde genom att använda deras medeltemperatur för Luleå för varje timme på ett år med data från 1981-2010. Sedan har en innetemperatur på 22 grader Celsius använts och fått fram effekt per dag och totaleffekt under ett år.



Figur 11. Byggnadernas effektsignatur under året för orten Luleå.

5.3 Utsläppberäkningar

Klimatdata för väggstommen har tagits från Boverkets klimatdatabas (Boverket, 2024.A) se tabell 7. För träreglar har klimatdata för hyvlade reglar använts. Utsläpp från fjärrvärmens och elvärmens är ett svenskt medelvärde, se tabell 8.

Tabell 7. Inhämtad utsläppsdata för respektive produkt [kg CO₂-ekv/kg].

Skede	A1-A3	A4	A5
Reglar	0,09	0,02	0,01
Lättreglar	0,41	0,06	0,02

Tabell 8. Inhämtad klimatdata för fjärrvärme och el [kg CO₂-ekv/kWh].

Skede	B6
Fjärrvärme	0.056
Direktverkande el	0.037

För viktberäkning av regelvillan hämtades densitet för konstruktionsvirke från Svenskt Trä (2019.A) och för lättregelvillan hämtades vikt per lpm från Masonite Beams prislista de delade. Reglar med kvalitén C24 har densitet 420 kg/m³. För icke bärande reglar har lägsta klassen valts, de får densitet 350 kg/m³.

Tabell 9. Vikt för respektive bärande del av väggstommen [kg].

Stomme	Vikt
Reglar	1 870
Lättreglar	1 255

6 Resultat

Resultatet presenteras utifrån de respektive delarna som har undersökts i rapporten. Under driftperioden på 50 år syns en större initial kostnad och koldioxidutsläpp hos lättregeln, men över tid tjänar lättregeln in kostnad och utsläpp genom att vara mer energieffektiv med avseende på uppvärmning. Nedanstående resultat presenteras för regler, lättreglar samt lättreglar där Blå Jungfruns U-värdes förbättring istället används.

Resultatet visar att majoriteten av energikostnaden och utsläpp kommer från drifttiden på 50 år.

6.1 Uppvärmning

Uppvärmningen beräknad i kWh under ett år kan ses i tabell 10. Lättreglar presterade något bättre i och med det lägre U-värdet på väggarna. Lättregelvillan kräver ca tre procent mindre energi under ett normalår än regelvillan.

Tabell 10. Uppvärmning per år med de olika stommarna [kWh].

	Uppvärmning
Reglar	22 229
Lättreglar	21 627
Lättreglar (Blå Jungfrun)	21 518

6.2 Produktkostnader

Vid uträkningen av produktkostnaderna sågs en ca 29 % skillnad i pris på stommarna där lättregelstommen är initialt det dyrare alternativet, se tabell 11.

Tabell 11. Kostnader för respektive stomsystem utan moms [kr].

	Inköpskostnader
Reglar	29 580
Lättreglar	38 128

6.3 Totala kostnader

Vid beräkning av kostnader har inte investeringsberäkningar genomförts utan det har beräknats vad som sparas per år med en lättregelvilla och när grundinvesteringen har tjänats igen. Detta är inte helt realistsikt då pengar är mer värda idag än i framtiden och kan växa med investeringar. Även priset på fjärrvärmens har antagits vara konstant 2024 års riksnitt vilket inte heller är helt realistiskt.

Med lättregelvillan sparas ca 703 kr per år när det kommer till energikostnader från fjärrvärme, med dagens priser. Med en grundinvestering på 8548 kr mer än regelvillan tar det strax över 12 år att tjäna in investeringen. Efter 50 år man sparat 26 590 kr med lättregelvillan.

Med Blå Jungfruns 15 % bättre U-värde tar det strax över 10 år att tjäna in investeringen och efter 50 år har 32 945 kronor sparats, med dagens priser.

6.4 Koldioxidutsläpp

Nedanstående tabell visar stommens klimatavtryck med fjärrvärme som energikälla för uppvärmning. Utsläppen blir ungefär två procent mindre med lättreglar jämfört med traditionella regler under hela livscykeln. Med Blå Jungfruns U-värde på lättreglar blir denna skillnad i stället ungefär tre procent under hela livscykeln.

Tabell 12. Redovisar de beräknade totala utsläppen för respektive stomsystem med fjärrvärme som uppvärmningskälla [kg CO₂-ekv].

Skede	A1-A3	A4	A5	B6 (fjärrvärme)	Summering
Reglar	172	33	20	62 241	62 465
Lättreglar	451	71	28	60 556	61 106
Lättreglar (Blå Jungfrun)	451	71	28	60 251	60 801

Tabell 13 visar stommens klimatavtryck med direktverkande el som energikälla för uppvärmning. Här sågs en total minskning på ungefär två procent för lättreglarna jämfört med reglarna.

Tabell 13. Redovisar de beräknade totala utsläppen för respektive stomsystem med direktverkande el som uppvärmningskälla [kg CO₂-ekv].

Skede	A1-A3	A4	A5	B6 (direktverkande el)	Summering
Reglar	172	33	20	41 123	41 348
Lättreglar	451	71	28	40 010	40 560
Lättreglar (Blå Jungfrun)	451	71	28	39 809	40 359

7 Diskussion

I detta kapitel diskuteras vad som tagits upp i rapporten. Diskussionen sker utifrån ett resultatperspektiv och yttre faktorer. Yttre faktorer som diskuteras är hur resultatet påverkas av faktorer som byggnadens storlek, var den är placerad och dagens energipriser och energimix.

7.1 Resultatdiskussion

Från resultatet kommer tydliga skillnader i U-värde mellan stommarna, ca 13%. Miljöinstitutet har fått ett liknande resultat på sina lättreglars U-värden i deras rapport Blå Jungfrun (Erlandsson *et.al*, 2020). Även om skillnaden ser ut att vara minimal i effektsignaturen i figur 11, så är det enbart under ett år. Skillnaden ger en tydlig skillnad i energiprestanda mellan stommarna över tid.

Skillnader i köldbryggor är förenklat beräknat genom koefficienten ΔU_k och genom mängden isolering i väggarna. Detta bör vara nära sanningen då mätningar troligen har gjorts när isoleringsföretaget Swedisol ansatte konstantens värde i deras guide, men det är möjligt att resultatet hade sett lite annorlunda ut om 3D och 2D simuleringar med hjälp av datorprogram hade gjorts. Exempelvis med program som Heat2/Heat3 som Hagentoft & Sandin (2017) nämner. Om man använder sig av lättreglar vid fönster med rekommenderad tätning är det möjligt att en mindre köldbrygga skulle kunna påvisas där.

Ökningen av utsläppen från transport för lättreglarna är uppseendeväckande. Utsläpp genom transport i byggproduktionskedet är mer än dubbelt så stort för lättreglarna. En möjlig orsak till detta kan dels bero på att lättreglarna tar mer plats på grund av deras utformning. En annan, kanske större orsak torde vara transportsträckan. I och med att traditionella regler fortfarande används betydligt mer, lagerhålls de också hos fler byggvaruhandlare och på flera orter. Om lättreglar blir vanligare borde denna utsläppspost minska betydligt.

När det kommer till kostnader så tjänas detta in på lång sikt men vid en riktig LCC, livscykelkostnadsanalys, torde lättreglar vara svårmotiverat ur en kostnadssynpunkt. Produktpriset på regelstommen hade möjligtvis kunnat vara lägre om man inte hade behövt anpassa reglarna, med två små för att få samma isoleringstjocklek för båda väggarna. Priset hade troligtvis blivit något lägre med en enhetlig regel.

Fördelar med de traditionella reglarna är att byggtekniken är välanvänd, med ett bra utbud av produkter nära majoriteten av människor. Ett betydligt lägre produktpris gentemot lättreglarna är även det en stor fördel, kanske framför allt när det kommer till mindre villor. Vi såg även ett betydligt mindre initialt klimatavtryck under A1-A5 (produkt- & byggskede) med reglarna.

Fördelar med lättreglar är framför allt minskade köldbryggor och en minskning av U-värdet. Det totala koldioxidutsläppet blir mindre på sikt, om man ser till hela byggnadernas livslängd. Vid en större byggnad med fler våningar borde detta även kunna tjänas in snabbare. Lättreglar har även andra fördelar som inte är kopplade till energieffektiviteten eller utsläppen så som att de går att få i längre längder, upp till 18,3 m beroende på dimensioner. Detta går också att efterlikna med limträbalkar. Lättregeln är även något styvare än regeln vid samma höjd.

7.2 Yttre faktorer

Det finns fler faktorer som påverkat resultatet än enbart valet av lättregel eller traditionell regel. Allt från storlek på byggnaden, typ av byggnad och geografisk position påverkar. Även byggnadens placering i Sverige har en betydelse för resultatet, eftersom här finns ett stort skogsbruk. Det gör att det byggs mycket i trä här och det finns en relativ närhet till produktion och försäljning av reglar och lättreglar.

Vi har utgått från en enplansvilla på 137 kvadratmeter. Detta är en fördel för regelstommen. Dels för att det är ett litet klimatskal så vinsterna i isolering blir liten. Om en större byggnad med exakt samma förutsättningar skulle byggas skulle de initiala skillnaderna i utsläpp öka samtidigt som skillnader i utsläppen från driften ökar. Men eftersom driften står för en majoritet av utsläppen upplever vi att detta skulle göra lättviktsstommen mer attraktiv ur en miljösynpunkt. Lättregelvilla släpper initialt ut ungefär 60 % mer koldioxid än regelvillan, men sett till helheten är det enbart en liten del av det totala utsläppet.

Dessutom används inte lättreglarnas bärande fördelar fullt ut. Lättregeln har dimensioner som inte finns, eller är ofantligt dyra hos vanliga reglar, exempelvis med en höjd på 500 mm. Enplansvillan är dessutom inte konstruerad för några större laster eller träbjälklag med nyttig last, vilket betyder att reglarnas dimensioner inte behöver vara så stora. Om det i stället byggs med flera plan och limträbalkar behövs för att stödja upp regelstommen skulle resultatet ändras.

När det gäller byggnadens påverkan på energiberäkningar är det möjligt att effektivisera vår villa ytterligare, genom att konstruera takstolar med lättreglar så varmtaket också består av lättreglar. Det skulle förbättra den totala skillnaden mellan stomsystemen något, men troligtvis inte mycket eftersom det är 500 mm isolering i varmtaket, där 300 mm är obruten isolering.

Byggnadens storlek påverkar också den slutgiltiga konduktansen för en byggnadsdel. Konduktansen beräknas med U-värdet multiplicerat med byggnadsdelens area som är i kontakt med uteluften. Eftersom U-värdets skillnaden är konstant men arean är flexibel kan man teoretisk förstora villans väggar oerhört mycket vilket kommer ge en större skillnad i den slutliga konduktansen för byggnaden vilket ger större skillnader i effektsignatur och energibehov för byggnaden. Det betyder att för en byggnad där den enda skillnaden är väggarnas konstruktion så spelar husets storlek roll och en större byggnad får ut en större vinst av lättreglar än en mindre byggnad. Det gör det troligen bättre att använda lättreglarna som man gör i USA där de används till flervåningshus.

För skillnader i pris finns två perspektiv, dels produktpriset, dels uppvärmningspriset. För produktpriset spelar byggnadens storlek in, men så länge villorna har samma cc-mått kan väggarnas uppbyggnad bibehållas och förlängas kommer skillnaden på 29 procent mellan stommarna vara samma. För priset på fjärrvärme och direktel har vi använt oss av årsmedelvärden. Detta ger en viss felkälla när vi räknat väldigt noga medelenergibehov per dag. Eftersom det är ett medelvärde kommer troligen dagarna med lågt energibehov ha dyrare pris än i verkligheten samtidigt som de kalla dagarna där mycket energi krävs troligtvis har ett lägre pris än vad som är verkligt.

Ytterligare en faktor som påverkar energiberäkningar och energikostnader är husens placering i Luleå. Detta ger en fördel till lättregeln då det är kallare ute vilket ger större skillnader i energibehov mellan stomsystemen. Energiförbehovet beräknas med konduktansen multiplicerat med temperaturskillnaden ΔT , och innetemperaturen är densamma för de två villorna, vilket ger ett större ΔT norröver. Vi har även valt att inte räkna med lokala fjärrvärmepriserna, av tidigare nämnd anledning.

Resultatet har visat att geografisk plats är viktigt för analysen. Stomsystemen får konduktanser med väldigt lika värden. Större temperaturskillnader ger större skillnader i energibehov. Det betyder att med ett mildare klimat kommer lättregelvillan inte tjäna in utsläppsskillnaderna lika snabbt eller aldrig.

8 Slutsats

Utifrån de tre olika kriterier vi har undersökt har vi fått tydliga resultat. Lättregeln presterar bättre när det kommer till koldioxidutsläpp och energibehov hos villan. Lättreglarna har ett större utsläpp från produktion jämfört med reglarna, men sparar koldioxid under sin livstid genom att vara mer energieffektiv eftersom fjärrvärme och direktel också ger utsläpp. Skulle villan enbart få förnybar grön energi skulle det vara svårare att motivera investeringen om inte produktionsutsläppen också minskar drastiskt, men idag är det bättre för miljön att bygga en villa med lättreglar och det finns större vinster att göra i större hus om man kan bygga bort betong och stål.

För den ekonomiska delen av undersökningen kan det vara svårt att motivera en investering i lättreglar framför träreglar i en enplansvilla då det är en betydligt större investering och tar lång tid att tjäna igen. Det hade dessutom tagit ännu längre tid om uppvärmningen var billigare. Precis som det hade gått snabbare om värmepriserna stiger drastiskt, men i dagens läge tycker vi inte lättreglar i en villa är en ekonomisk vinst. Ur ett kostnadsperspektiv upplever vi att de traditionella reglarna fungerar bra för en enplans villa. Men det finns troligtvis större vinster att göra med lättreglar i andra typer av byggnader. Även för utfackningsväggar i en större byggnad hade lättregel fungerat bra för att ge bättre isolering där traditionella regler vanligtvis hade använts.

Det är ekonomiska förutsättningar som vi tror spelar stor roll i att användandet av lättreglar i villakonstruktioner inte är så utbrett idag. Det finns miljömässiga vinster att göra med lättreglarna, men det är betydligt dyrare att bygga med. Det tror vi gör att företagen väljer att bygga med regler i stället.

9 Referenser

Anderlin, G., Jansson, J., Parthéen, K., Stadler, C-G., Sjödin, V., Wedin, L. (1989). Isoleringsguiden – En vägledning till Boverkets nybyggnadsregler. Swedisol

Boverket. (2024.A). Klimatdatabas. Hämtad 2025-02-12 från: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/oppna-data/boverkets-klimatdatabas/>

Boverket. (2024.B). *Luft och ventilation i bostäder*. Hämtad 2025-04-01 från: <https://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/luft-och-ventilation-i-bostader/>

Boverket. (2024.C). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*. Hämtad 2025-04-04 från: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>

Chen, G. H., Tang, R. C., and Price, E. W. (1988). *Creep of wood composite I-beams and southern pine lumber under changing humidity*. Proc., Int. Conf. on Timber Engineering, Vol. 1, Forest Products Research Society, Madison, Wisc., 624 – 628

Erlandsson, M., Pettersson, D., & Jönsson, J.-A. (2020). Referensbyggnaden Blå Jungfrun med träbaserade element med lättbalkar och cellulosaisolering - en klimatdeklaration för hela byggnaden och livscykeln. IVL. Svenska Miljöinstitutet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1549450/FULLTEXT01.pdf>

Göteborg Energi. (u.å). *Här ser du 2025 års fjärrvärmepriser*. Göteborg Energi. Hämtad 2025-04-08 från: <https://www.goteborgenergi.se/privat/fjarrvarme/fjarrvarmepriser>

Hagentoft, C.-E., & Sandin, K. (2017). *Byggnadsfysik - Så fungerar hus*. Lund: Studentlitteratur AB.

Johnson P. A. (2003). *Creep of Wood I-Joists Exposed to Abnormally High Moisture Conditions*. Journal of Structural Design and Construction Practice (Vol. 8, No.1) DOI: 10.1061/~ASCE!1084-0680~2003!8:1~36!

Luleå Energi. (2024). *Luleå villor 2023*. Luleå Energi. Hämtad 2025-04-08 från: <https://www.luleaenergi.se/produktion-och-infrastruktur/fjarrvarme/priser-och-avtalsvillkor/lulea-villor-2023/>

Masonite Beams AB. (2022). *The I-joist handbook*. Masonite Beams AB.

Masonite Beams (u.å). *Masoinite Beams Lättbalk sortiment*. Masonite Beams. Hämtad 2025-04-04 från: <https://masonitebeams.se/masonite-beams-laettbalk/sortiment/>

Sveby (u.å). *Äldre Versioner*. Klimatdatafiler SvebySMHI 1981-2010. Hämtad 2025-04-24 från: <https://www.sveby.org/aldre-versioner/>

Svenskt Trä. (2021). *Byggnadsklasser och verksamhetsklasser*. Trä-Guiden. Hämtad 2025-05-13 från: <https://www.traguiden.se/om-tra/brandsakerhet/byggnadsklasser-och-verksamhetklasser/>

Svenskt Trä. (2020). *Lättbalk - dimensionerande bärförmåga*. Trä-Guiden. Hämtad 2025-02-26 från: <https://www.traguiden.se/konstruktion/dimensionering/hallfasthet-och-barformaga/barformaga/lattbalk---dimensionerande-barformaga/>

Svenskt Trä. (2019.A). *Konstruktionsvirke*. Trä-Guiden. Hämtad 2025-02-26, från: <https://www.traguiden.se/konstruktion/dimensionering/hallfasthet-och-barformaga/karakteristisk-hallfasthet/konstruktionsvirke2/>

Svenskt Trä. (2019.B). *Konstruktionsvirke - dimensionerande bärförmåga*. Trä-Guiden. Hämtad 2025-02-26, från: <https://www.traguiden.se/konstruktion/dimensionering/hallfasthet-och-barformaga/barformaga/konstruktionsvirke---dimensionerande-barformaga/>

Svenskt Trä. (2017). *Spånskivor*. Träguiden. Hämtad 2025-02-26 från: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/trabaserade-produkter/skivmaterial/spanskivor/>

Svenskt Trä. (2003). *Brandegenskaper*. Träguiden. Hämtad 2025-05-09 från: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/termiska-egenskaper1/brandegenskaper/>

Svensson, Y. (2020). Boverkets författningssamling BFS 2020:4 - BBR 29. Boverket: Hämtad 2025-02-12 från: <https://rinfo.boverket.se/BFS2011-6/pdf/BFS2020-4.pdf>

SVT (2024). *Se lågan som värmer hela Luleå – då släcks den*. Hämtad 2025-05-06 från: <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/norbotten/se-lagan-som-varmer-hela-lulea-snart-slocknar-den>

10 Bildförteckning

Figur 1 (Boverket 2024.C). Olika skeden i en byggnads livscykel enligt den europeiska standarden EN15978. Illustration: Altefur. Återgiven med tillstånd från Boverket https://www.boverket.se/imagevault/publishedmedia/ltoet7ua8gjwbpd933x/Klimatredovisning_figur_1_Rev4_190122.png

Figur 2 (Masonite Beams u.å). Beams olika lättbalkstvärnsnitt. Återgiven med tillstånd från Masonite Beams <https://masonitebeams.se/media/6204/maattbalkar-vinkel-numberskuren.png?width=706&height=315>

Figur 3 En bild på en fingerskarv. Gjord av TS Eriksson från 2020, CC BY-SA 4.0. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Fingerskarv.svg>

Figur 4 Planlösning från Fiskarhedenvillan (Fiskarhedenvillan u.å) Återgiven med tillstånd.

Figur 5. Sektions ritning över regelvillan (Fiskarhedenvillan u.å). Återgiven med tillstånd.



CHALMERS